



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

MARCHE DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

Machine d'essai électromécanique pour sollicitation en T°C

N° consultation : 2026FCSSA0001

Institut polytechnique de Grenoble
DAFA / Service Achats
46 avenue Félix Viallet
38031 Grenoble CEDEX 1

Pour le Laboratoire SIMaP

SOMMAIRE

1. Présentation générale :	3
2. Caractéristiques techniques :	3
2.1 Bâti d'essai	3
2.2 Technologie d'actionnement	4
2.3 Accessoires pour essais hautes températures : amarrage, mors	4
2.4 Capteurs et mesures	4
2.5 Four et régulation thermique	5
2.6 Fournitures informatiques	5
3. Livraison, installation, mise en service et formation :	6
4. Garantie et développement durable :	7
4.1. Garantie	7
4.2. Développement durable	7
5. Prestations supplémentaires éventuelles facultatives	7
5.1. Prestation supplémentaire éventuelle facultative n°1 : Maintenance annuelle de la machine	7
5.2. Prestation supplémentaire éventuelle facultative n°2 : Système d'extensométrie sans contact	8

1. Présentation générale :

Le laboratoire SIMAP souhaite s'équiper d'une machine d'essai électromécanique **versatile** permettant la réalisation d'essais en température, typiquement dans la gamme entre 150 et 1200°C permettant de couvrir la caractérisation des alliages légers (alliages de magnésium, alliages d'aluminium) et des alliages réfractaires (superalliages base Ni).

La versatilité de la machine doit permettre la réalisation :

- **D'essais monotones en régime viscoplastique** soit en traction, soit en compression à chaud avec contrôle de la vitesse de déformation (possibilité de mener des essais avec des sauts de vitesse) ;
- **D'essais de fluage** à charge constante en traction ou en compression tout en ayant la possibilité de mener des essais avec des sauts de contraintes et/ou des sauts de température ;
- **D'essais de relaxation.**

La versatilité de l'équipement doit permettre un asservissement en force, contrainte ou déformation en fonction du type d'essai à mener. Cet équipement est destiné à être utilisé dans le cadre d'essais de caractérisation du comportement mécanique de matériaux métalliques (métaux purs, alliages métalliques cristallins ou amorphes). Il s'agira par exemple d'évaluer les performances en durabilité de divers alliages métalliques.

Le matériel vient :

- (i) **Remplacer une vieille machine de fluage (>30 ans) manuelle** (contrôle de la charge par ajout de masses) dont la réparation n'est pas envisageable du fait de l'obsolescence des systèmes de contrôle (cartes électroniques) et qui en outre ne permettait pas de mener des essais au-delà de 300°C.
- (ii) **Etoffer le parc machine disponible sur le plateau « essais mécaniques multi-échelles et couplés »** de Grenoble INP - UGA pour mener différents types d'essais (fluage, relaxation) sur une large gamme d'alliages métalliques (alliages d'aluminium, superalliages base Ni) et de température, typiquement entre 150 et 1200°C sur des durées pouvant atteindre plusieurs milliers d'heures.

2. Caractéristiques techniques :

2.1 Bâti d'essai

- Le bâti d'essai devra être posé au sol.
- Il devra être équipé de 2 Vis à billes précontraintes permettant au bâti de présenter une rigidité compatible avec des essais jusqu'à une force maximale de 100 kN.
- Un guidage sur au minima 2 colonnes est requis.
- L'espace entre colonnes devra être supérieur ou égal à 600 mm.
- Les salles prévues pour l'installation ont des dalles en béton armées supportant 800-900 Kg/m². Le poids de la machine et la répartition de la charge doit donc être prévu en conséquence.

2.2 Technologie d'actionnement

- La traverse mobile devra être actionnée par un dispositif électromécanique, alimenté de préférence en 230 V AC.
- La machine doit couvrir une gamme de vitesse de déplacement s'étalant de 1 $\mu\text{m/h}$ à au moins 100 mm/min.
- Une force de 50kN doit pouvoir être atteinte à la vitesse maximale (100 mm/min)

2.3 Accessoires pour essais hautes températures : amarrage, mors

- Des pièces d'adaptations de type « tirants » doivent être prévues pour permettre des essais jusqu'à 1200°C en assurant un maintien stable et un bon alignement des échantillons tout au long de la durée des essais qui pourront atteindre plusieurs milliers d'heures dans certains cas.
- Différents mors de traction ou systèmes d'adaptation pour différentes géométries doivent être intégrés à l'offre comme détaillé ci-dessous :
 - Une paire de mors permettant des essais sur des géométries d'éprouvette cylindriques avec têtes filetées M6 jusqu'à 1200°C doit être incluse dans l'offre.
 - Une paire de mors permettant des essais sur des géométries d'éprouvette cylindriques avec têtes filetées M14 jusqu'à 1200°C doit être incluse dans l'offre.
 - Une paire de mors permettant des essais sur des géométries d'éprouvettes plates (épaisseurs typiques entre 1 et 5 mm ; largeur de la zone utile typique entre 2 et 10 mm) et jusqu'à 1200°C doit être incluse dans l'offre.
 - Les plans/CAO des différents mors devront également être fournis au cas où des adaptations sont nécessaires.
- Mors de compression. Il devra être possible d'appliquer un mode de sollicitation en compression jusqu'à des températures de 1200°C. On visera typiquement des géométries cylindriques dont le diamètre pourra varier entre 1 et 10 mm.

2.4 Capteurs et mesures

- La machine doit pouvoir être asservie :
 - en vitesse de déplacement (mm/min)
 - en vitesse de déformation (s^{-1})
 - en force (N)
 - en contrainte (MPa).
- L'offre devra détailler les spécificités techniques des capteurs de force. Un capteur de force : +/- 100kN avec une résolution minimale de 0.5% de la force appliquée de 1% à 100% de la valeur nominale du capteur est attendue.
- L'offre devra détailler l'ensemble des géométries compatibles avec le capteur. Le capteur devra notamment être compatible avec des géométries cylindriques et plates et aussi bien pour des essais monotones en traction et en compression que des essais de fluage. Il s'agira d'un extensomètre à contact compatible haute

température (jusqu'à 1200°C) avec une résolution $\leq 0.1 \mu\text{m}$. Les systèmes de fixation de l'extensomètre sur l'échantillon doivent être compatibles avec des températures entre 150 et 1200°C.

- Fréquence d'acquisition et de régulation $> 1\text{KHz}$
- Un module multi-fonction type National Instruments devra être prévu pour permettre une acquisition simultanée d'un signal extérieur permettant le contrôle de l'essai avec a minima :
 - 2 Entrées analogiques $\pm 10\text{ V}$
 - 4 Entrées/4 sorties numériques tout ou rien (TTL, ...)
 - 2 Sortie(s) analogique(s) $\pm 10\text{ V}$

2.5 Four et régulation thermique

- Température min = 150°C et max = 1200°C.
- Homogénéité de la température sur toute la zone utile de l'éprouvette avec possibilités de mesures de températures sur différentes zones de l'échantillon via des thermocouples K/N, ou S selon la gamme de température visée.
- Traitement isotherme : régulation à $\pm 2^\circ\text{C}$ mini sur toute la gamme de 150 à 1200°C sans overshoot.
- L'échantillon doit être parfaitement aligné dans le four, i.e. sa zone utile restant au centre du four.
- Rampes de température : un régulateur de température doit permettre une régulation stable de la température lors du chauffage avec des vitesses variant typiquement entre 1 et 20°C/min. Un pilotage et un enregistrement de la température doit pouvoir être réalisé sur le même PC que celui contrôlant la machine d'essai, et idéalement via le même logiciel que celui qui pilote mécaniquement la machine.
- Le four doit être compatible avec une mesure de déformation par un extensomètre à contact. Dans l'optique d'une évolution ultérieure du système, une ouverture doit être prévue pour permettre l'implémentation d'un système de mesure de déformation sans contact.
- Le four devra être conçu de telle sorte à laisser la possibilité de le raccorder à une alimentation en gaz pour mener des essais sous un balayage de gaz neutre (Ar) sans altérer la qualité des essais menés sous air. Cet aspect est important en vue d'une évolution des essais potentiellement réalisables sur cette machine.

2.6 Fournitures informatiques

- L'offre devra intégrer un PC dont les caractéristiques techniques permettront à l'interface de commande de la machine de fonctionner correctement et rapidement sous Windows 11/64bit. En d'autres termes, les caractéristiques suivantes devront être respectées :
 - Un minimum de 32 GB de RAM sera exigé, 64 GB de RAM serait même un plus.
 - Les disques durs devront être de technologie SSD.

- Un écran Full HD et de grande taille (typiquement 24 pouces) permettant un confort de travail pour une bonne visualisation des données en live.
- Au cas où la connexion entre le PC et la machine se fait par une carte réseau RJ45, prévoir une deuxième carte réseau RJ45 pour l'accès au réseau local (et éventuellement Internet).
- L'interface doit être facilement programmable par l'utilisateur avec possibilité d'enchaîner des séquences : sauts de contrainte, sauts de vitesse, saut de température ; ou de modifier l'asservissement : passer d'un asservissement en vitesse à un asservissement en force par exemple.
- La fin des essais doit pouvoir être configurée à partir de critères en température et/ou en temps et/ou en force et/ou en déplacement/déformation.
- La fréquence d'échantillonnage doit pouvoir être modifiée en fonction des séquences d'essais.
- Un manuel d'utilisation de l'interface de pilotage devra être fourni en version papier d'une part et en version électronique d'autre part.
- Des routines de base servant d'exemples, par exemple des routines pré-enregistrées permettant de réaliser des essais selon des normes, devront être fournies.
- Les fichiers de résultats doivent pouvoir s'enregistrer dans un format de fichier lisible facilement, typiquement un fichier texte CSV (compatible EXCEL).
- Le logiciel de pilotage devra pouvoir être installé sur au minimum 3 ordinateurs pour préparer des séquences en amont ou traiter des résultats

3. Livraison, installation, mise en service et formation :

- Le délai de livraison est fixé à 4 mois à compter de la date de notification du marché.
- La livraison (transport, emballage, assurance, déchargement) est à la charge du fournisseur.
- L'équipement sera livré, installé et mis en service à l'adresse suivante :
Laboratoire SIMaP
Bâtiment ECO-MARCH
1130 Rue de la piscine
38400 ST MARTIN D'HERES
- Le titulaire est tenu de se déplacer sur le site, suite à la notification du marché, pour vérifier le lieu de livraison et faire des préconisations préalables à l'installation de la machine.
- L'installation sera prise en charge par les personnes compétentes du fournisseur retenu et un rapport de mise en service attestant de la conformité de la machine et des différents capteurs sera fourni en fin d'installation. Ces documents de mise en service et de garantie et de sécurité seront fournis en Français.
- L'installation, mise en service et formation initiale devra intervenir dans un délai de 15 jours après la livraison.
- Une seconde journée de formation devra être incluse dans l'offre. Celle-ci interviendra dans un délai maximal de 3 mois à compter de la réalisation de la formation initiale, et sera volontairement distincte de celle-ci afin de permettre une

- appropriation préalable de l'équipement par les utilisateurs.
- La documentation technique sera fournie en français et en anglais.

4. Garantie et développement durable :

4.1. Garantie

Une garantie de 12 mois minimum est exigée à partir de la première décision d'admission prise à l'issue des vérifications approfondies prévues à l'article 12 du présent CCAP. La garantie doit couvrir tous les aspects en lien avec la machine, i.e. les éventuels problèmes d'ordre mécanique, thermique, électronique et informatique.

L'offre devra contenir à titre informatif, le catalogue des petits accessoires ainsi que leur référence facilitant ainsi leur remplacement ultérieur.

4.2. Développement durable

Cet investissement se veut durable dans le sens où ce type de machine est destinée à être utilisée pendant plusieurs dizaines d'années au laboratoire. Il est donc essentiel pour nous que le titulaire :

- Soit en capacité de proposer, si le besoin s'en faisait ressentir une maintenance et une mise à jour de l'équipement sur un délai d'au moins 10 ans.
- Soit en mesure de pouvoir fournir des pièces de rechange pendant a minima 10 années pour limiter l'obsolescence.
- Soit en capacité de démontrer une organisation pérenne lui permettant d'assurer, dans des délais compatibles avec l'exploitation de l'équipement par le laboratoire, la continuité du support technique et du service après-vente.

5. Prestations supplémentaires éventuelles facultatives

L'offre pourra contenir des prestations supplémentaires éventuelles facultatives, chiffrées et non comprises dans l'offre de base, décrites ci-après.

5.1. Prestation supplémentaire éventuelle facultative n°1 : Maintenance annuelle de la machine

Le candidat peut proposer la une prestation de maintenance annuelle de la machine, avec vérification de l'ensemble des éléments importants de l'équipement, notamment la cellule de force, l'extensomètre et les autres composants essentiels.

Le candidat précisera le contenu détaillé de la prestation proposée (nature des opérations réalisées, périodicité, conditions d'intervention) ainsi que le prix annuel correspondant dans son offre.

5.2. Prestation supplémentaire éventuelle facultative n°2 : Système d'extensométrie sans contact

Le candidat peut proposer la fourniture et l'intégration d'un système d'extensométrie sans contact.

Il est précisé que, conformément aux exigences définies à l'article 2.5 du présent CCTP, la conception du four devra, au titre des prestations obligatoires, permettre l'intégration ultérieure d'un système de mesure de déformation sans contact.

Le candidat précisera le contenu détaillé de la prestation proposée ainsi que le prix correspondant dans son offre.