

MARCHES PUBLICS DE FOURNITURES COURANTES ET SERVICES

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS - ARTS ET
METIERS INSTITUT DE TECHNOLOGIE

CAMPUS CLUNY

**FOURNITURE, LIVRAISON, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE D'UNE
MACHINE DE TRACTION POUR PLANCHES**

CL25.46

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (CCTP)

ARTICLE 1 : OBJET DE LA CONSULTATION

Le présent marché a pour objet l'achat d'une machine de traction pour planches en bois de dimensions structurales. Ce matériel est destiné à une utilisation dans les locaux des Arts et Métiers, Campus de Cluny, rue porte de Paris 71250, Cluny France.

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 moyen d'essai de type machine de traction pour planches en bois jusqu'à rupture de dimensions structurales, ci-après désigné comme « l'équipement ».

Cet équipement sera dédié principalement à des essais respectant les normes en vigueur à date du marché, qui seront décrites par la suite, sur des poutres ou planches de bois (massif ou reconstituées) aux géométries très variables ; les dimensions des échantillons seront également décrites par la suite. Il sera utilisé à des fins de recherches scientifiques, technologiques ainsi que dans le cadre éventuel d'enseignements délivrés à l'école des Arts et Métiers et il doit être conforme au présent CCTP.

L'équipement devra être composé d'un châssis de type mécanosoudé autoporteur avec un encombrement au sol relativement restreint (5 m de long par 1 m de large par 1,5 m de haut environ), **ne nécessitant aucun génie civil** ($CUR = 2,5 \text{ t/m}^2$ de la dalle) pour le supporter ou le stabiliser et complètera les moyens expérimentaux de la plateforme WOMAM du campus de l'ENSAM de Cluny. Sa souplesse (flexibilité), et sa simplicité d'utilisation et d'entretien mais également les possibilités de dialogue/d'interfaçage/de contrôle avec d'autres équipements (synchronisation avec des signaux multi-physiques analogiques ou numériques) seront considérés avec attention dans l'analyse des offres. Cet équipement devra permettre de mesurer les efforts durant l'essai, ainsi que les déplacements dans la zone centrale conformément aux normes.

Une géométrie approximative de l'équipement sera décrite dans la suite ainsi que quelques cas types de planches/poutres à tester seront exposés en section 2.3 du présent CCTP.

2.2 Prestations

Est à la charge de l'ENSAM (si nécessaire) :

- Préparation du site d'implantation (balisage au sol).
- Câblage électrique entre le réseau et le sectionneur général de l'installation

Est à la charge du titulaire :

Le titulaire assure la mise en sécurité (électrique et mécanique) de l'équipement et des utilisateurs conformément aux réglementations en vigueur.

2.3 Les contraintes

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

L'équipement devra globalement occuper un espace de l'ordre de 5 mètres de long par 1 mètre de large et 1,5 mètres de haut. Le poids devra être compatible avec une utilisation sur une dalle d'atelier

sans nécessiter de modification ($CUR = 2,5 \text{ t/m}^2$). L'installation de l'équipement devra se faire sans génie civil ni modification structurelle du lieu d'installation ; un enclassement au sol peut être envisagé mais dans la mesure du possible à éviter.

L'axe de traction de la machine doit être horizontal, à hauteur de personne pour faciliter le chargement, de l'ordre de 1 m. Les échantillons doivent être positionnés de manière à ce que la plus grande face soit visible verticalement (planche sur chant) et le châssis doit être ouvert pour permettre de positionner des caméras de part et d'autre et d'observer les faces de la planche.

Le châssis doit pouvoir supporter des efforts dans l'axe de traction à minima de 300 kN (charge maximale souhaitée) sans déformations dommageables pour sa propre structure (poutres le constituant, soudures, mors, gougeons de mise en place des mors, vérin) ou pour le bon déroulement de l'essai.

Le niveau sonore de l'équipement en fonctionnement (groupe hydraulique pour le vérin principal et de serrage des mors) doit être le plus modéré possible ($< 70 \text{ dB}$ idéalement) car l'équipement sera mis en place dans une halle technique comportant des bureaux.

ARTICLE 3 : DESCRIPTION DE L'EQUIPEMENT

3.1 Généralités et spécifications techniques

La zone d'essai doit pouvoir être réglable par un opérateur formé de façon aisée, sans moyen de levage ou déplacement dédié, en un temps raisonnable (ordre de la quinzaine de minutes au maximum). Une liste détaillée des éléments indispensables au bon fonctionnement du dispositif en rapport au besoin du laboratoire sont détaillés ci-après :

3.1.1 Géométrie des éprouvettes à tester et réglages de la zone d'essai

L'opérateur doit pouvoir être en capacité de tester des échantillons (poutres, planches) dont les caractéristiques géométriques minimales et maximales entre mors sont indiquées ci-après :

- Epaisseur : entre 5 mm et 50 mm ;
- Largeur : entre 60 mm et 250 mm ;
- Longueur : entre 180 mm et 2000 mm entre mors ; soit des échantillons entre 780 et 2600 mm de longueur au total (avec longueur en prise de 300 mm / mors).

Etant donné la variété des géométries d'éprouvettes à tester il est indispensable de pouvoir régler le châssis et la course du vérin pour adapter la distance entre les mors afin d'être en mesure de tester n'importe quelle longueur en tenant compte d'un déplacement entre mors durant l'essai d'au minimum 100 mm (déformation longitudinale de la planche sous chargement et potentiels glissements dans les deux mors).

Ainsi, la probable traverse réglable devra être facilement manipulable par une seule personne impliquant de limiter au maximum les risques de coincement par arc-boutement ainsi que d'assurer le glissement facile de la traverse le long du châssis. La traverse mobile devra pouvoir être fixée de manière très rigide (gougeons vissés préférés à goupillés) et sans jeux pour le bon déroulement de l'essai. Tout moyen permettant de limiter les émissions sonores lors de la rupture de l'échantillon (rebond faisant « sonner » la structure) sera apprécié positivement car la halle où sera installé l'équipement comporte des bureaux (équipés de portes).

L'équipement doit comporter deux vitesses de travail :

- L'une « rapide » permettant le positionnement du vérin pour la mise en position et la mise en place de l'échantillon mais également pour le retour rapide en position initiale en fin d'essai
- L'autre « lente » correspondant aux préconisations des normes pour l'essai en tant que tel.

3.1.2 Capacité de traction et des mors

L'équipement doit permettre d'effectuer des essais de traction jusqu'à un effort maximal idéalement de 300 kN via un vérin de traction double effet ayant une course d'environ 300 mm pour pouvoir être compatible avec les déformations pouvant survenir dans les échantillons et la structure de l'équipement. Ainsi la plage de travail et de mesure demandée pour l'effort axial est comprise dans la gamme complète de 0,5 à 300 kN avec les contraintes normatives additionnelles indiquées en 3.1.3. Cette mesure peut être réalisée directement via la mesure de la pression tant que cela respecte la gamme demandée ou via un capteur d'effort additionnel. Si la force maximale demandée pose un problème pour assurer la mesure correcte (respect des contraintes explicitées) des efforts dans la gamme basse (< 1 kN) ; il est envisageable de descendre cette limite haute.

Deux mors hydrauliques sont demandés car des mors à visser semblent trop compliqués à mettre en œuvre pour la mise en place des échantillons et pour l'enchaînement des essais (démontage et remontage dans les mors). Aussi des mors à picots de type écaille de poisson « Fish Scale » (par exemple : 0,75 mm qui semble adapté pour le matériau bois) ou striés, permettant de minimiser les glissements entre échantillons et mors lors des essais, de largeur utile minimale 250 mm et de longueur utile de 300 mm minimum sont demandés ; le titulaire peut également proposer un jeu complet de mors lisses supplémentaires (ou a minima en indiquer le prix). Les mors hydrauliques doivent permettre la reprise des efforts de traction dans les échantillons qui peuvent atteindre 300 kN (ou moins, c.f. section 3.1.1) et doivent donc garantir une force de serrage au moins équivalente, la force de serrage doit absolument être réglable par l'utilisateur afin de limiter l'écrasement potentiel dans les mors avant et pendant l'essai pour certaines éprouvettes. Les mors doivent être associés à un accumulateur hydraulique permettant d'assurer et maintenir la force de serrage durant l'essai.

3.1.3 Capteurs d'efforts et de déplacements

L'équipement doit respecter un nombre de contraintes dues aux normes en vigueur pour les essais mécaniques sur poutres en traction. Les détails ci-après en résument les principales exigences.

- Le dispositif de chargement utilisé doit permettre la mesure de la force avec une précision de 1% de la force appliquée à l'éprouvette d'essai ou, pour des forces inférieures à 10% de la force maximale appliquée (effort à rupture), avec une précision de 0,1% de la force maximale appliquée (effort à rupture). La mesure de la charge appliquée peut être effectuée via la mesure de la pression dans le vérin tant que les exigences citées juste avant sont respectées ; ou bien un système de mesure direct (cellule d'effort) peut être proposé avec les mêmes exigences (respect de la norme sur la précision du système de mesure de la charge).
- L'effort de serrage n'est soumis à aucune norme, pour autant il est souhaité de pouvoir piloter/régler cet effort (éviter de trop écraser les échantillons entre les mâchoires des mors selon les essences testées) et de mesurer cet effort durant l'essai. De la même manière que précédemment, cet effort peut être relevé par mesure de la pression appliquées dans les mors hydraulique ou via un capteur annexe à la discrétion du candidat.
- Le pilotage durant l'essai doit pouvoir assurer un taux de déformation de l'échantillon inférieur à $0,000\,005\text{ s}^{-1}$, soit entre 1 mm.min^{-1} et 10 mm.min^{-1} .
- **A proposer en prestation supplémentaire obligatoire (PSO n°1) :** Dispositifs de mesure de l'allongement doivent assurer une précision minimale de 1% ou, pour les allongements inférieurs à 2 mm, avec une précision minimale de 0,02 mm.

Les dispositifs de mesure de l'allongement doivent être fixés de part et d'autre de l'échantillon pour minimiser les effets de distorsion. Une attention doit être portée à la facilité et rapidité de fixation afin d'assurer un enchaînement des essais de moins de quinze minutes (mise en place éprouvette dans les mors et fixation extensomètres).

Les dispositifs de mesure de l'allongement doivent respecter la plage de mesure continue allant de 350 mm à 1100 mm.

Les normes à respecter sont :

EN-408 *Structures en bois - Bois de structure et bois lamellé-collé - Détermination de certaines propriétés physiques et mécaniques*

EN-789 *Structures en bois - Méthodes d'essai - Détermination des propriétés mécaniques des panneaux à base de bois*

3.1.4 Informatique et interfaçage

- Tous les câbles d'alimentation et de connexion des différents matériels composant l'équipement (caméras, éclairage, PC, etc.) ;
- Un ordinateur ayant toutes les caractéristiques nécessaires au bon fonctionnement du pilotage de l'équipement durant l'essai et au traitement des données recueillis (logiciel tableur notamment) ainsi qu'une bonne capacité de stockage et sauvegarde des essais sur le long terme (1 To minimum). L'ordinateur doit pouvoir être mis en réseau et devra donc respecter certaines directives de la charte informatique de l'établissement ;
- L'équipement doit comporter des sorties analogiques (effort et déplacements avec des gains réglables) et des sorties numériques (type TTL) pour les signaux trigger « début essai » et trigger « fin essai » pour permettre l'interfaçage avec d'autres équipements tels que la corrélation d'images numériques (caméras de part et d'autre de l'échantillon) afin que ces derniers soient synchronisés :
 - Autant de sorties analogiques en façade sur connecteur BNC mâles qu'il y a de capteur de force (vérin et mors) et de déplacements (2 extensomètres) ;
 - Les signaux analogiques doivent être à minima avec une résolution de 12 bits (idéalement 16 bits sur la gamme +/- 10 V maximum, et rafraichis avec une fréquence minimale de 10 Hz ;
 - Les signaux trigger de type TTL début et fin d'essai sur deux sorties BNC mâles ou sur une sortie simple (passage niveau bas → haut pour le début essai, et haut → bas pour la fin de l'essai).

3.1.5 Logiciel

- Le logiciel devra permettre à minima d'enregistrer dans un fichier les temps, déplacements, force, géométrie de l'échantillon, de l'extensomètre et de l'essai, à une fréquence minimale de 10 Hz ;
- Le format d'export des données d'essai doit être au choix : texte, ascii ou binaire, afin de pouvoir être exploités librement via d'autres logiciels au besoin (Matlab, Python, Excel, ...) tout en fournissant les éventuelles librairies indispensables à leur exploitation en dehors de logiciel du fournisseur de l'équipement ;
- Le logiciel doit faciliter et guider la procédure de calibration des appareils de mesure efforts et déplacements, et la procédure de calibration doit être expliquée lors de la formation à la livraison ;

3.2 Descriptions à fournir

3.2.1 Caractéristiques de l'équipement

Le titulaire devra faire apparaître très clairement les caractéristiques suivantes, qui seront utilisées comme critères (entre autres) pour le jugement des offres :

- Capacité de charge axial maximale (vérin principal) et son système de mesure de la charge

- associé avec la précision de mesure associée ;
- Capacité de pression dans les mors maximale (vérin principal) et son système de mesure de la charge associé avec la précision de mesure associée ;
- Descriptif des différents capteurs (effort de traction, effort dans les mors, 2 déplacements de part et d'autre de l'éprouvette) : gamme de mesure, précision etc. ;
- Fréquence d'acquisition (réglable ou non) et résolution/précision des informations enregistrées ;
- Schéma de principe mécanique du système complet avec dimensions (CAO 3D), ainsi que pour l'ensemble des éléments du système (vérins, mors, capteurs, etc.) ;
- Principales fonctions du logiciel (options de pilotage du banc d'essai, configuration des entrées/sorties analogiques et numériques, configuration du fichier de sauvegarde, rapport d'essai, etc.) ;
- Configuration du PC pour opérer le pilotage et l'acquisition durant l'essai et le traitement des données dans les meilleures conditions (processeur, RAM, stockage) ;

3.2.1 Liste des paramètres ajustables par l'utilisateur

Le titulaire donnera la liste exhaustive des paramètres de l'équipement et de la solution logicielle dédiée que l'utilisateur formé pourra ajuster pour optimiser la qualité de la mesure (gains des capteurs, vitesse de déplacement, configuration des entrées/sorties analogiques et numériques, etc.).

3.2.2 Consommables et évolutions

Une liste des prix sera transmise sous forme d'un tableau précisant :

- la nature des accessoires possibles à l'équipement ;
- les éventuelles évolutions logicielles et matérielles vers un dispositif plus performant (différents types de mors, vérins ...) ;
- le prix unitaire de chacun des éléments sur la durée de garantie à compter de la livraison, la périodicité des révisions de prix, la liste des pièces d'usure et la fréquence éventuellement recommandée de leur remplacement.

3.2.3 Énergie / Fluides / Raccordements

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 (tensions, puissance, pression, débits, ...), consommation des fluides (air, eau, huile), consommation électrique ;

3.3 Livraison, installation, mise en service

L'installation, la mise en service, ainsi que les interventions ultérieures effectuées seront réalisées dans le respect des procédures définies dans le décret 92-158 du 20 février 1992, relatif aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure.

D'autre part, les règles de sécurité propres à l'ENSAM s'appliquent au personnel du titulaire qui sera amené à y intervenir.

Les prestations de livraison, de déchargement, d'installation, de raccordement électrique et de mise en service sur le site de la plateforme de l'ENSAM sont comprises dans le prix global de l'équipement. Elles devront être détaillées dans la proposition et seront assurées en totalité par le titulaire. Ce dernier est réputé connaître les contraintes liées à la livraison.

3.3.1 Installation : Énergie / Fluides / Raccordements

Le titulaire fournira un manuel concernant l'installation de la machine. Le titulaire prendra la responsabilité de tous les aspects de l'installation.

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

Le titulaire est réputé fournir, après chaque 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.

3.3.2 Essais et vérification

Le titulaire s'engage à effectuer avant le démarrage opérationnel sur le site de l'ENSAM Cluny des tests de mise en service définis conjointement avec l'ENSAM. L'ENSAM assurera en particulier la fourniture d'éprouvettes pour ces tests.

Une période à définir sera réservée aux différentes opérations de réglages, d'essais et de vérifications du bon fonctionnement de l'équipement avant réception. La réception ne devra être demandée qu'à l'achèvement complet de la totalité des prestations décrites dans la commande.

3.3.3 Recette et réception

Le titulaire devra être en mesure d'installer, de configurer et de réceptionner les équipements.

Une fois l'installation de la solution terminée, il sera procédé à une recette afin de valider le bon fonctionnement de tous les éléments et fonctionnalités décrits dans les chapitres 3.1.

La réception sera prononcée par l'ENSAM qui dressera un procès-verbal de réception. En cas de réserves, l'accord de réception sera reporté afin que l'entreprise puisse remédier aux défauts constatés.

La réception définitive sera prononcée à l'issue des résultats des 2 étapes suivantes :

- Recette Provisoire, après installation et mise en service sur site : réalisation du protocole de test plus vérification de la documentation, formation du personnel utilisateur ;
- Recette Définitive après une période de 1 mois d'utilisation sans réserve.

3.4 Documentation / Formation

Le titulaire chargé de l'exécution du marché devra assurer la conception puis la fourniture de l'ensemble des documents nécessaires au contrôle, et ce, dans les délais imposés.

Le titulaire fournira l'ensemble des documents nécessaires à la configuration, à l'exploitation et

l'administration du système ainsi que les notices d'utilisation et l'ensemble des documents techniques (électrique et mécaniques) du matériel et du logiciel fourni.

Avant installation

Avant le commencement des prestations sur site, le prestataire remettra à l'ENSAM les documents suivants :

- un dossier complet des spécifications fonctionnelles avant installation ;
- les fiches techniques précisant les caractéristiques exactes du matériel ;
- les plannings d'étude, de commandes, d'approvisionnement et de réalisation ;
- les effectifs sur site suivant le planning de réalisation.

Après installation

Toute intervention du titulaire comprend implicitement la fourniture des documents suivants :

- le dossier de recette ;
- 2 exemplaires en français des notices et des consignes d'entretien des matériels proposés, en format papier et numérique ;
- Plan de câblage électrique complet ;
- CAO complète du système (format step et/ou stl)
- une sauvegarde des fichiers de configuration des matériels proposés.

Le titulaire assurera la formation en français (transfert de compétences) des personnels techniques concernés des Arts et Métiers Campus de Cluny (4 ou 5 personnes : ingénieur, chercheur, enseignant, doctorant) pour leur permettre d'assurer l'exploitation et la maintenance préventive de l'équipement. Cette formation pourra avoir lieu dans les locaux de l'ENSAM de Cluny ou bien sur un autre site mais le titulaire devra fournir l'une ou l'autre de ces conditions de formation ainsi que leur durée (nombre d'heures et de jours). Le titulaire devra également être en mesure de fournir des attestations de formation pour les personnels en ayant besoin dans le cadre de leur formation professionnelle.

3.5 Maintenance et garantie

Le titulaire assurera une garantie minimale sur site des pièces et de la main d'œuvre pour une durée de 12 mois à partir de la date du Procès-Verbal de réception définitive de la machine. Les tests de réception auront été effectués sans soulever aucune réserve. Une garantie de base plus longue que 12 mois sans surcoût sera appréciée ; à défaut d'indiquer le montant d'une extension de garantie.

Le prestataire décrira les conditions générales de garantie et d'extension de garantie applicables. Il précisera également les prestations offertes par son service après-vente et les modalités d'utilisation.

Le titulaire détaillera l'organisation, les moyens humains et matériels qui seront mis en place pour respecter ses engagements ainsi que la localisation et le coût de son service après-vente au-delà de la période de garantie.

Les prix de l'assistance à distance par téléphone et les plages d'ouvertures du service après-vente seront précisés.

3.6 Spécifications sécurité/hygiène/environnement

Cet équipement étant dédié tant aux membres du laboratoire qu'aux étudiants, il devra être utilisable en toute sécurité par ces personnes. Il devra respecter les normes en vigueur sur la sécurité des opérateurs.

Le titulaire devra fournir à l'ENSAM une déclaration CE de conformité. L'équipement devra en particulier respecter les normes en vigueur pour sa fonction dans un établissement. Toute autre norme en vigueur et relative au type d'équipement fourni devra être respectée.

Le titulaire devra préciser la nature des nuisances générées par la machine : niveaux sonores émis, émission de polluants (COV, poussières, odeurs, vibrations, déchets ...) ... Le titulaire indiquera 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.

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